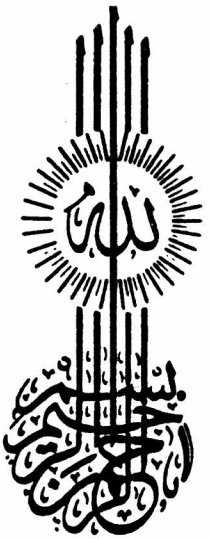
بدء
بسم الله الرحمن الرحيم

# المجالات والموجات الكهرومغناطيسية

## بالإضافة إلى الدارات الكهربائية


تأليف

بول لورين
جامعتا مونتريال وماكغيل

ديل ر. كورسون
جامعة كورنيل

فرانسوا لورين

ترجمة

علي بن أحمد بن محمد الكاملي
أستاذ مشارك

علي الحجرى بن أحمد محمد
أستاذ مشارك

عبد العزيز بن عبد الله الشهراني
أستاذ مشارك

قسم الفيزياء - جامعة الملك خالد



النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٣هـ (٢٠٠٢م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب:

**Electromagnetic Fields and Waves**

**By: Paul Lorrain, Dale R. Corson and Francois Lorrain**

**Published by: © W. H. Freeman and Company, New York, 3rd ed.,( International Student Edition), 1988 & the Improvements of the 5th printing of the third edition 1996.**

*فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر*

لورين، بول

المجالات والموجات الكهرومغناطيسية/بول لورين، ديل ب. كورسون، فرانسوا لورين

ترجمة: علي أحمد الكاملي، علي الحجري أحمد، عبدالعزيز عبدالله الشهراني.- الرياض

٧٢٨ ص، ٢١×٢٨ سم

ردمك: ٧-٠٥٧-٣٧-٩٩٦٠

١ - الموجات الكهربائية ٢- الموجات الكهرومغناطيسية أ - كورسون، ديل ب. (م. مشارك) ب - لورين، فرانسوا (م. مشارك) ج - الكاملي، علي أحمد (مترجم) د - أحمد، علي الحجري (مترجم) هـ - الشهراني، عبد العزيز عبد الله (مترجم) و - العنوان

ديوي ٦٣١,٣٨١٣١ ٢٠/٣٦٩٢

رقم الإيداع: ٢٠/٣٦٩٢

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه العاشر للعام الدراسي ١٤١٨/١٤١٩هـ المعقود في ١٤١٨/١٠/١٨هـ الموافق ١٩٩٨/٢/١٥م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٣هـ

# تعاريف ومتطابقات ونظريات متجهية

## التعاريف

إحداثيات كارتيزية

$$1.\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x}\hat{x} + \frac{\partial f}{\partial y}\hat{y} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{z}$$

$$2.\nabla . A = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

$$3.\nabla \times A = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\right)\hat{x} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}\right)\hat{y} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right)\hat{z}$$

$$4.\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

$$5.\nabla^2 A = \nabla^2 A_x\,\hat{x} + \nabla^2 A_y\,\hat{y} + \nabla^2 A_z\,\hat{z} = \nabla(\nabla . A) - \nabla \times (\nabla \times A)$$

إحداثيات أسطوانية

$$6.\nabla f = \frac{\partial f}{\partial \rho}\hat{\rho} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial f}{\partial \phi}\hat{\phi} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{z}$$

$$7.\nabla . \mathscr{A} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial \rho}(\rho A_\rho) + \frac{1}{\rho}\frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

$$8.\nabla \times \mathscr{A} = \left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial A_z}{\partial \phi} - \frac{\partial A_\phi}{\partial z}\right)\hat{\rho} + \left(\frac{\partial A_\rho}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial \rho}\right)\hat{\phi} + \frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial \rho}(\rho A_\phi) - \frac{\partial A_\rho}{\partial \phi}\right]\hat{z}$$

$$9.\nabla^2 f = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial \rho}\left(\rho \frac{\partial f}{\partial \rho}\right) + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

$$10.\nabla^2 \mathscr{A} = \nabla(\nabla . \mathscr{A}) - \nabla \times (\nabla \times \mathscr{A})$$ الجزء (١,١١,٦)

إحداثيات كروية

$$11.\nabla f = \frac{\partial f}{\partial r}\hat{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial \theta}\hat{\theta} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f}{\partial \phi}\hat{\phi}$$

$$12.\nabla . \mathscr{A} = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2 A_r) + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}(A_\theta \sin\theta) + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial A_\phi}{\partial \phi}$$

$$13.\nabla \times \mathscr{A} = \frac{1}{r\sin\theta}\left[\frac{\partial}{\partial \theta}(A_\phi \sin\theta) - \frac{\partial A_\theta}{\partial \phi}\right]\hat{r} + \frac{1}{r}\left[\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial A_r}{\partial \phi} - \frac{\partial (rA_\phi)}{\partial r}\right]\hat{\theta}$$

$$+\frac{1}{r}\left[\frac{\partial (rA_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta}\right]\hat{\phi}$$

$$14.\nabla^2 f = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\partial f}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta \frac{\partial f}{\partial \theta}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2}$$

$$15.\nabla^2 \mathscr{A} = \nabla(\nabla . \mathscr{A}) - \nabla \times \nabla \times \mathscr{A}$$ الجزء (١,١١,٦)

**متطابقات**

$$1.(A\times B).C = A.(B\times C)$$

$$2.A\times(B\times C) = B(A.C) - C(A.B)$$

$$3.\nabla(fg) = f\nabla g + g\nabla f$$

$$4.\nabla(a/b) = (1/b)\nabla a - (a/b^2)\nabla b$$

$$5.\nabla(A.B) = (B.\nabla)A + (A.\nabla)B \times (\nabla\times A) + A\times(\nabla\times B) + B\times(\nabla\times A)^*$$

$$6.\nabla.(fA) = (\nabla f).A + f(\nabla.A)$$

$$7.\nabla.(A\times B) = B.(\nabla\times A) - A.(\nabla\times B)$$

$$8.\nabla.\nabla A = \nabla^2 A$$

$$9.\nabla\times(\nabla f) = 0$$

$$10.\nabla.(\nabla\times A) = 0$$

$$11.\nabla\times(fA) = (\nabla f)\times A + f(\nabla\times A)$$

$$12.\nabla\times(A\times B) = (B.\nabla)A - (A.\nabla)B + (\nabla.B)A - (\nabla.A)B.^*$$

$$13.\nabla\times(\nabla\times A) = \nabla(\nabla.A) - \nabla^2 A \quad (sec1.11.6)$$

$$14.(A.\nabla)B = \left[A_x\frac{\partial B_x}{\partial x} + A_y\frac{\partial B_x}{\partial y} + A_z\frac{\partial B_x}{\partial z}\right]\hat{x}$$
$$+\left[A_x\frac{\partial B_y}{\partial x} + A_y\frac{\partial B_y}{\partial y} + A_z\frac{\partial B_y}{\partial z}\right]\hat{y} + \left[A_x\frac{\partial B_z}{\partial x} + A_y\frac{\partial B_z}{\partial y} + A_z\frac{\partial B_z}{\partial z}\right]\hat{z}$$

التدرج محسوبا عند $(x',y',z')$ هو :

$$15.\nabla'(1/r) = \hat{r}/r^2$$

حيث $r$ هو المتجه الذي يؤشرمن $(x', y', z')$ إلى $(x, y, z)$.

والتدرج محسوبا عند $(x,y,z)$ بنفس المتجه $r$ هو :

$$16.\nabla(1/r) = -\hat{r}/r^2$$

$$17.\mathcal{A} = \frac{1}{2}\oint_C r\times dl$$

حيث السطح ذو المساحة $\mathcal{A}$ عبارة عن مستوى . ويمتد المتجه$r$ من نقطة أصل اختيارية إلى نقطة على المنحنى الذي يغلف $\mathcal{A}$.

$$18.\int_{\upsilon}\nabla f\,d\upsilon = \int_{\mathcal{A}} f\,d\mathcal{A}$$

حيث $\mathcal{A}$ مساحة السطح المغلف للحجم $\upsilon$ :

$$19.\int_{\upsilon}(\nabla\times A)d\upsilon = -\int_{\mathcal{A}} A\times d\mathcal{A}$$

حيث **C** المنحنى المغلق الذي يغلف السطح المفتوح $\mathcal{A}$ :

$$20.\oint_C f\,dl = -\int_{\mathcal{A}}\nabla\times d\mathcal{A}$$

**نظريات**

١ -نظرية التباعد $\int_{\mathcal{A}} A.d\mathcal{A} = \int_{\upsilon}\nabla.A\,d\upsilon$ حيث $\mathcal{A}$ مساحة السطح المغلف للحجم $\upsilon$.

٢ - نظرية ستوكس $\oint_C A.dl = \int_{\mathcal{A}}(\nabla\times A).d\mathcal{A}$

---

* في الاحداثيات الكارتيزية فقط.

# المحتويات


تقديم ..... ك

مقدمة ..... م

قائمة الرموز ..... ف

الفصل ١ المؤثرات المتجهية ..... ١

الفصل ٢ راسمات الطور ..... ٢٧

الفصل ٣ المجالات الكهربائية I ..... ٣٩

قانون كولوم وقانون جاوس

الفصل ٤ المجالات الكهربائية II ..... ٦١

معادلتا بواسون ولابلاس: حفظ الشحنة، الموصلات

الفصل ٥ المجالات الكهربائية III ..... ٧٩

متعدد الأقطاب الكهربائي

الفصل ٦ المجالات الكهربائية IV ..... ٩٥

الطاقة، السعة، القوى

الفصل ٧* المجالات الكهربائية V ..... ١١٣

الدارات الكهربائية A: دارات *CR*

الفصل ٨* المجالات الكهربائية VI ..... ١٤١

الدارات الكهربائية B: نظريات الدارة

الفصل ٩ المجالات الكهربائية VII ..... ١٦١

المواد العازلة A: الشحنات المقيدة وكثافة التدفق الكهربائي *D*

الفصل ١٠ المجالات الكهربائية VIII ..... ١٨١

المواد العازلة B: العوازل الحقيقية، شروط الاستمرارية عند سطح اتصال، والطاقة المخزونة.


* تعني العلامة النجمية أنه يمكن حذف هذه الفصول دون فقدان الاستمرارية.

**الفصل ١١ المجالات الكهربائية IX** ..... ١٩٩
الخيالات، معادلة لابلاس في الإحداثيات المتعامدة.
**الفصل ١٢ المجالات الكهربائية X** ..... ٢١٣
معادلة لابلاس في الإحداثيات الكروية . معادلة بواسون للمجال *E*.
**الفصل ١٣* النسبية I** ..... ٢٢٥
تحويلات لورنتز والفراغ المكاني الزمني.
**الفصل ١٤* النسبية II** ..... ٢٣٧
تقلص لورنتز واستطالة الزمن، تحويلات السرعة.
**الفصل ١٥* النسبية III** ..... ٢٥١
الكتلة، كمية الحركة، القوة، الطاقة.
**الفصل ١٦* النسبية IV** ..... ٢٦٩
المجال لشحنة كهربائية متحركة.
**الفصل ١٧* النسبية V** ..... ٢٩١
معادلات ماكسويل، الجهد الرباعي *A*.
**الفصل ١٨ المجالات المغناطيسية I** ..... ٣٠٧
كثافة التدفق المغناطيسي *B* والجهد المتجهي *A*.
**الفصل ١٩ المجالات المغناطيسية II** ..... ٣٢٩
الجهد المتجهي *A*، قانون أمبير للدارات.
**الفصل ٢٠ المجالات المغناطيسية III** ..... ٣٤١
المواد المغناطيسية *A*: كثافة التدفق المغناطيسي *B* وشدة المجال المغناطيسي *H*.
**الفصل ٢١ المجالات المغناطيسية IV** ..... ٣٥٣
المواد المغناطيسية *B*: الحديدومغناطيسية والدارات المغناطيسية.
**الفصل ٢٢ المجالات المغناطيسية V** ..... ٣٦٥
القوى المغناطيسية على الشحنات والتيارات.
**الفصل ٢٣ المجالات المغناطيسية VI** ..... ٣٨٩
قانون فارادي للحث.
**الفصل ٢٤* المجالات المغناطيسية VII** ..... ٤١٣
الدارات الكهربائية *C*: الحث التبادلي والذاتي.
**الفصل ٢٥* المجالات المغناطيسية VIII** ..... ٤٢٧
الدارات الكهربائية *D*: الدارات الحثية والمحولات.
**الفصل ٢٦ المجالات المغناطيسية IX** ..... ٤٤٣
الطاقة المغناطيسية والقوى المغناطيسية العيانية.

**الفصل ٢٧ معادلات ماكسويل** ..... ٤٦٣

**الفصل ٢٨ الموجات الكهرومغناطيسية المستوية I** ..... ٤٨٥

الموجات المستوية المنتظمة في الفراغ الحر، والعوازل، والموصلات.

**الفصل ٢٩* الموجات الكهرومغناطيسية المستوية II** ..... ٥٠٧

الموجات في الموصلات الجيدة وفي البلازما.

**الفصل ٣٠ الموجات الكهرومغناطيسية المستوية III** ..... ٥٢٣

الانعكاس والانكسار *A*: القوانين الأساسية ومعادلات فرينل.

**الفصل ٣١ الموجات الكهرومغناطيسية المستوية IV** ..... ٥٤٥

الانعكاس والانكسار *B*: الموجات المستوية غير المنتظمة والانعكاس الكلي.

**الفصل ٣٢ الموجات الكهرومغناطيسية المستوية V** ..... ٥٥٩

الانعكاس والانكسار *C*: الانعكاس والانكسار على سطح موصِّل جيد.

**الفصل ٣٣ الموجات الموجّهة I** ..... ٥٧٥

مبادئ عامة: الخطوط المحورية وخطوط الشرائح الدقيقة.

**الفصل ٣٤ الموجات الموجّهة II** ..... ٥٩١

موجه الموجة المستطيل الشكل المجوف

**الفصل ٣٥* الموجات الموجّهة III** ..... ٦٠٩

الموجّهات الموجية الضوئية المستوية *A*: معادلة القيمة الذاتية.

**الفصل ٣٦* الموجات الموجّهة IV** ..... ٦٢٣

الموجّهات الموجية الضوئية المستوية *B*: الموجة الموجّهة.

**الفصل ٣٧ الإشعـــاع I** ..... ٦٣٥

الجهدان *V* و*A* والمجالان *E* و*B*.

**الفصل ٣٨ الإشعـــاع II** ..... ٦٥١

هوائي إرسال ثنائي القطب الكهربائي.

**الفصل ٣٩ الإشعاع III** ..... ٦٦٩

الهوائي نصف الموجي، صفوف الهوائيات، والهوائيات من نوع ثنائي القطب المغناطيسي.

**الملاحق** ..... ٦٨٥

**ملحق A**: الأحرف الأولى للنظام العالمي SI ورموزها ..... ٦٨٥

**ملحق B**: جدول التحويل ..... ٦٨٦

**ملحق C**: الموجات ..... ٦٨٧

**إجابات** ..... ٦٩٢

**ثبت المصطلحات** ..... ٦٩٧
أولا : عربي / إنجليزي ..... ٦٩٧
ثانيا : إنجليزي / عربي ..... ٧٠٩
**كشاف الموضوعات** ..... ٧٢١

# تقديم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسول الله، وبعد:

تعاني التخصصات العلمية بشكل عام والفيزياء بصفة خاصة، شحاً كبيراً في الكتب والمراجع المتخصصة والمكتوبة باللغة العربية. وهذا في تقديرنا له أبلغ الأثر على فهم الدارس، والطالب بصورة خاصة، المادة العلمية الفهم الصحيح، فضلا عن تطبيقها في حياته العملية من جهة، وعلى النهوض بالمستوى المعرفي في البلدان العربية والإسلامية ومواكبتها للتقدم الحضاري والعلمي من جهة أخرى.

وهذا الكتاب الذي ننقله إلى اللغة العربية هو مساهمة متواضعة في تخصصه، نرجو أن يجد فيه القراء ما يفيدون منه في تخصصاتهم الدراسية وأنشطتهم البحثية.

بدأت فكرة ترجمة هذا الكتاب منذ أن كنا على مقاعد الدراسة، ثم تبلورت الفكرة عندما بدأنا في تدريس مقرر النظرية الكهرومغناطيسية لطلاب السنة الثالثة في قسم الفيزياء. ولم يتوفر لدينا آنذاك كتاب باللغة العربية يناسب مفردات ذلك المقرر، مع أن المكتبة تعج بالمراجع الإنجليزية. فبدأنا في ترجمة بعض فصول هذ االكتاب حسب الحاجة، فكانت هذه الفصول نواةً للكتاب المترجم كماهو بين يدي القارئ الآن.

لقد واجهتنا خلال الترجمة مشكلة تتعلق بالمصطلحات العلمية حيث اعتمدنا على بعض معاجم المصطلحات العلمية*. ولكن المقابل العربي لبعض هذه المصطلحات قدلا يكون، من وجهة نظرنا مناسباً لمعناها، مما حدا بنا إلى إدخال بعض المصطلحات العربية التي رأينا أنها تنقل المعنى بدقة أكثر من غيرها، علاوة على ذلك وجدنا أن بعض المصطلحات العربية التي وضعت في بعض الكتب المترجمة تختلف باختلاف مكان الترجمة. فالكتاب الذي طبع في بلد تختلف مصطلحاته إلى حد ما عن الكتاب المطبوع في بلد آخر. ولذلك ربما يجد القارئ مصطلحات عربية جديدة.

تشكل النظرية الكهرومغناطيسية أحد المواضيع الأساسية التي يدرسها طلاب الفيزياء، سواء على المستوى الجامعي أو ما بعده، إذ تُعدّ النظرية الكهرومغناطيسية والميكانيكا التقليدية والكمية أساس أي تدريب يراد للطلاب أن يقفوا فيه على قاعدة علمية صلبة. ولهذا وقع اختيارنا على ترجمة هذا الكتاب؛ لأهمية الموضوع وقلة الكتب فيه من ناحية، ولأهمية الكتاب نفسه من جهة أخرى، إذ يتميز هذا الكتاب بحسن تصنيف وترتيب الفصول،

---

* اعتمدنا عند الحاجة على: معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية.: أحمد شفيق الخطيب، مكتبة لبنان، الطبعة السادسة، ١٩٨٧.

ووضوح الأفكار التي يناقشها وربط الأفكار بالتطبيقات المتاحة في الجانب العملي، بالإضافة إلى جودة إخراجه. كل ذلك دفعنا إلى اختيار هذا الكتاب ليكون نواةً لسلسلة من الكتب الأخرى - إن شاء الله.

لقد حاولنا خلال عملنا التنبيه على الأخطاء المطبعية التي عثرنا عليها وعلقنا عليها أسفل الصفحات وحاولنا كذلك شرح بعض المصطلحات التي ذكرها المؤلف بدون تفصيل. وجعلنا ذلك على شكل حواش أسفل الصفحات وأشرنا إلى ذلك بحرف (م) ليعني أن ذلك من إضافة المترجمين. وألحقنا بالكتاب ثبتا بالكلمات الإنجليزية وما يقابلها بالعربية، وكذلك ثبتا بالمصطلحات العربية والمقابل الإنجليزي لها، وأخيراً وضعنا كشافا للمصطلحات الواردة في الكتاب باللغة العربية وأماكن وجودها داخل الكتاب.

ونود أن نشكر المحكّمَين اللذين قاما بالمهمة الطويلة في مراجعة النص العربي، وقد استفدنا كثيرا من آرائهما ومقترحاتهما العلمية القيمة التي وجدت مكانها في الكتاب، وخاصة فيما يتعلق بالمصطلحات العربية.

ونشكر كذلك الأستاذ الدكتور محمد علي عيسى من جامعة الملك سعود على الملاحظات القيمة التي أوردها خلال مراجعة الترجمة. كما نشكر زملاءنا في قسم الفيزياء، ونخص منهم الدكتور محمد الفرا من جامعة الملك خالد، والدكتور الصادق مبارك زغيب من جامعة قسنطينة في الجزائر على مراجعة أجزاء من الكتاب وعلى آرائهم ومقترحاتهم، و د. صالح برمو من جامعة الملك خالد، و د. حسن رمضان من جامعة عين شمس في مصر. ولا تقل الناحية اللغوية أهمية عن الناحية العلمية، ولذا فقد عهدنا إلى الدكاترة: د. إبراهيم راشد من قسم اللغة العربية في جامعة الملك خالد، ود. محمود شاكر، ود. محمود عمار من قسم اللغة العربية في كلية المعلمين بأبها، ود. محمد بن على الحازمي من قسم اللغة العربية في جامعة الملك خالد لمراجعة النص اللغوي، والذين قاموا بالمهمة خير قيام. ومما لاشك فيه فقد كان لهذه الآراء والمقترحات والمناقشات أبلغ الأثر في إثراء الكتاب وإخراجه بالشكل الحالي، وما بقي من أخطاء فهو من تقصير المترجمين. فنشكر للجميع جميل ما تفضلوا به وما تجشموا من عناء وجهد.

ونود أن نسجل شكرنا الخاص لمركز الترجمة بجامعة الملك سعود على الموافقة على ترجمة الكتاب وتبني هذا المشروع والتنسيق مع الناشر. كما نود أن نشكر مركز البحوث في كلية التربية بأبها على دعمه لهذا المشروع وتوفير الإمكانات الحاسوبية لطباعة الكتاب.

كما نشكر الأستاذ حسين هشلان على إعداد الأشكال ووضعها في أماكنها في النص والمعادلات الرياضية، والأستاذ محمد ظافر العمري الذي ساعد على إخراج بعض أجزاء الكتاب.

ونتوجه أخيراً إلى القارئ الكريم بإبداء الرأي والنقد الهادف، وأن يتفضل مشكوراً بلفت نظرنا إلى ما قد يجده من أخطاء تتعلق بالطباعة أو الترجمة مما لم نستطع تلافيه، حتى يتسنى لنا تصحيحها في الطبعات القادمة.

والله الهادي إلى سواء السبيل، ،

**المترجمـــون**

# مقدمة

هدف هذا الكتاب، كما في الطبعات السابقة، هو بالدرجة الأولى طلاب الفيزياء أو الهندسة الكهربائية على المستويين الجامعيين: النهائي وما قبل النهائي. ولقد أثبتت الطبعات السابقة أيضا جدواها للعلماء والمهندسين المتمرسين.

هدفنا هو أن ننقل إلى القارئ معرفة عملية بالمفاهيم الأساسية في النظرية الكهرومغناطيسية ولهذا جاء هذا الكتاب محتويا على ١٣٥ مثالا و٤٢٣ مسألة. وكما قال ألفرد نورث وايتهيد **Alfred North Whithead**، قبل حوالي نصف قرن: "التعليم هو اكتساب فن استغلال المعرفة".

وتتشابه هذه الطبعة الثالثة في الأساس مع الطبعة الثانية رغم وجود تعديلات كثيرة. فلقد أضفنا أولا أربعة فصول في الدارات الكهربائية: الفصل ٧ في دارات **RC**، والفصل ٨ في نظريات الدارات، والفصل ٢٤ في الحث، والفصل ٢٥ في دارات التيار المتردد. وقد أضفنا فصلين في المرشدات (الموجّهات) الموجية الضوئية، وهما الفصلان ٣٥، ٣٦. ويرتبط هذا الموضوع تماماً مع الفصل ٣١ في الانعكاس الكلي، ومع الفصل ٣٤ في المرشدات الموجية المعدنية مستطيلة الشكل المجوفة. وحيثما كان ممكنا فلقد وضحنا الرموز وأعطينا براهين أسهل.

وأخيرا، فلقد قسمنا مادة الكتاب فصولا صغيرة، مجموعها ٣٩، مقابل ١٤ فصلا في الطبعات السابقة، مما سيجعل الكتاب ممهدا أكثر للقراء، وأكثر مرونة للمدرسين، وأيسر تناولا كمرجع.

وقد لا يرغب جميع القراء والمدرسين في دراسة هذا الكتاب من الغلاف إلى الغلاف. وتشير العلامات النجمية إلى أنه يمكن حذف الفصول والمقاطع المقترنة بهذه العلامة بدون فقدان الاستمرارية، وليس لهاعلاقة أساسية مباشرة بالموضوع.

يشكل الفصلان الأولان في المتجهات وراسمات الطور مدخلا رياضيّا موجزا. ويتبع ذلك سلسلة من عشرة فصول قصيرة في المجالات الكهربائية، مشتملة على فصلين ٧ و٨ في الدارات الكهربائية.

يمكن حذف الفصول الخمسة التالية في النسبية إذا كان ضروريا، وتغطي المبادئ الأساسية في النسبية الخاصة وتطبيقاتها في المجالات الكهرومغناطيسية. وتحتوي هذه الفصول على تفصيل أكثر بعض الشيء من الفصول المقابلة في الطبعة الثانية.

يتبع ذلك عشرة فصول في المجالات المغناطيسية، وفيها فصلان آخران في الدارات الكهربائية وهما الفصلان ٢٤ و٢٥. وفي نهاية الفصل ٢٦، استنتجنا وناقشنا وطبقنا معادلات ماكسويل بصورة مكثفة. ويجمع الفصل ٢٧ هذه المعادلات ويعطي مناقشة عامة. ويتلو هذه الفصول، خمسة فصول في انتشار الموجات الكهرومغناطيسية

المستوية في أوساط مختلفة وعبر سطوح الاتصال. وهناك بعد ذلك أربعة فصول في الموجات الكهرومغناطيسية الموجّهة يتعلق اثنان منها بالموجّهات (المرشدات) الموجية الضوئية المستوية. وتناقش الفصول الثلاثة الأخيرة إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية.

وكما في السابق، فإن المسائل تشكل جزءا أساسيّا من الكتاب، وأكثرها جديدة. ولا تقتصر مهمة المسائل على توضيح المبادئ الرئيسة، بل إنها تبين أيضا تطبيقات متعددة. ولتيسير تناولها، فقد صنفت المسائل الآن حسب الفصول، ورتبت تقريبا حسب زيادة صعوبتها، وتتّبع خطواتٍ قصيرة، مما يجعلها أكثر فائدة وتسمح للقارئ بإنجاز أكثرها.

سيجد المدرسون مسائل إضافية وأسهل في الكتاب المكمل لهذا الكتاب: وهو النظرية الكهرومغناطيسية: مبادئ وتطبيقات **Electromagnetism:Priniciples and Applications** تأليف مؤلفي هذا الكتاب الأولين والناشر نفسه.

وأشكر على وجه الخصوص فرانسوا لورين، الذي راجع أغلب النص والذي كتب أجزاء منه خلال المراحل الأولى. وبكل اقتدار راجع جوزيف ميسكن النص النهائي وأغلب المسائل.

لقد عملت على مدى سنوات في هذا الكتاب ، ليس فقط في جامعة مونتريال، بل أيضا في عدد من الجامعات الأخرى في بلدان مختلفة. وأدين بشدة للأشخاص الآتي ذكرهم لكرم ضيافتهم وفضلهم: البروفيسور لويس نيل من جامعة جرينوبل في فرنسا، البروفيسور ماكسيمنو رود ريجيز فيدال من جامعة مدريد في إسبانيا، البروفيسور ميتشل والدكتور روبنسون من مختبر كلارينـدون في جامعة أكسفورد ببريطانيا العظمى، البروفيسور جاستون بوليوت من معهد إيكول التقني في مونتريال بكندا، البروفيسور جون جروسليسكي من جامعة ماكغيل في مونتريال، البروفيسور ليو كي يى من جامعة نانكاي في تيانجين، والبروفيسور شانغ من جامعة كنج هوا في بكين في جمهورية الصين الشعبية، وأخيراً البروفيسورات روبرت مارتن، وأوليفر جنسن، وديفيد كروسلي لاستضافتهم لي هذه المرة في مختبر الجيوفيزياء بجامعة ماكغيل.

وأدين كذلك بالشكر لألن كريستنسن على منحة الزيارة لكلية سانت كاثرين خلال إجازة التفرغ في أكسفورد عام ١٩٨١. وأدين لأناس كثيرين ؛ الذين كتبوا إليّ والذين قدموا تعليقات واقتراحات، وأخص منهم س. بالدروسون وس. س كريستجانز دوتير، من جامعة أيسلندا، ون. قوتير من الكلية العسكرية الملكية في كينجستن بكندا، ور. هـ . قود من جامعة ولاية كاليفورنيا في هايوورد، ور. د. ميرز من جامعة ماريلاند، وف. ماراي من جامعة سكرانتون، وهـ. ا. بوهل من جامعة ولاية أكلاهوما، وإ. هـ رودرك من جامعة مانشتسر، وج. ر. ريدج من كلية مورافيان، وو. م ساسلو من جامعة بتسبرغ، ور. سيفينتش من جامعة ولاية وسكونسن، وم. س تيرسن من جامعة مدينة نيويورك، وهارولد أ. ويلر من مؤسسة هازلتاين.

وزودنا الدكتور باري تايلور، من المكتب الوطني للمقاييس غاثرزبرغ، تكرما، بقائمة الثوابت الأساسية.

كما وفر لنا قسم علوم الحاسب بجامعة ماكغيل أحد حاسباته لمعالجة كامل النص، ولقد ساعد شارل سنو، بذلك القسم، كثيراً خلال هذه العملية الطويلة.

وأخيرا، أود أن أشكر كلير سامسون، ورونالد هول، ومارجوري رينور، وميخائيل ماتشتول على طباعة النص، وإعداد الرسومات والأشكال ورسم المنحنيات.

وسأكون شاكراً فضل القراء الذين يتكرمون بلفت نظري إلى أية غلطات مطبعية أو أخطاء ما زالت باقية، حتى يتسنى تصحيحها في الطبعات الأخرى.

المؤلـــــفون

# قائمـة الرمـوز

**الفراغ، الزمن، الميكانيكا**

| | |
|---|---|
| الطول | $l, L, s, r$ |
| المساحة | $\mathscr{A}$ |
| الحجم | $\upsilon$ |
| الزاوية المجسمة | $\Omega$ |
| متجه الوحدة | $\hat{x}$ |
| متجه الوحدة العمودي على سطح | $\hat{n}$ |
| طول الموجة | $\lambda$ |
| طول الموجة في الفراغ الحر | $\lambda_o$ |
| طول الموجة لموجة موجّهة | $\lambda_z$ |
| طول راديان (دائري) | $\lambda\!\!\!^{-} = \lambda / 2\pi = 1/\beta$ |
| عدد موجى | $k=\beta - j\alpha$ |
| ثابت التوهين | $\alpha$ |
| مسافة التوهين ، عمق قشري | $\delta=1/\alpha$ |
| الزمن | $t$ |
| الدورة | $T=1/f$ |
| التردد | $f=1/T$ |
| التردد الزاوي | $\omega=2\pi f$ |
| متجه السرعة ، السرعة | $\upsilon$ ,$\mathscr{V}$ |
| غاما | $\gamma = \dfrac{1}{[1-(\upsilon/c)^2]^{1/2}}$ |
| التسارع | $a=d\upsilon/dt$ |
| الكتلة | $m$ |
| كثافة الكتلة | $\rho$ |
| الإحداثيات المنحنية الخطية | $q$ |

| | |
|---|---|
| المتجه الرباعى | $\mathbf{r}$ |
| كمية الحركة | $\boldsymbol{p}$ |
| كمية الحركة الرباعية | $\mathbf{p}$ |
| عزم القصور الذاتى | $\boldsymbol{I}$ |
| القوة | $\boldsymbol{F}$ |
| العزم | $\boldsymbol{T}$ |
| الضغط | $\boldsymbol{p}$ |
| الطاقة | $\mathscr{E}$ |
| القدرة | $\boldsymbol{P}$ |

**الكهرباء والمغناطيسية**

| | |
|---|---|
| كمية الكهرباء | $\boldsymbol{Q}$ |
| سرعة الضوء | $\boldsymbol{c}$ |
| كثافة الشحنة الخطية | $\lambda$ |
| كثافة الشحنة السطحية | $\sigma$ |
| كثافة الشحنة الحجمية | $\rho$ |
| الجهد الكهربائى ، الجهد المقياسى | $\mathscr{V}$ |
| الدافعية الكهربائية المستحثة ، الجهد | $\boldsymbol{V}, \mathscr{V}$ |
| شدة المجال الكهربائى | $\boldsymbol{E}$ |
| كثافة التدفق الكهربائى | $\boldsymbol{D}$ |
| سماحية الفراغ | $\varepsilon_0$ |
| السماحية النسبية | $\varepsilon_r$ |
| سماحية وسط | $\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0 = D/E$ |
| عزم ثنائى القطب الكهربائى | $\boldsymbol{p}$ |
| عزم رباعى القطب الكهربائى | $\mathscr{Q}$ |
| الاستقطاب الكهربائى | $\boldsymbol{P}$ |
| القابلية الكهربائية | $\chi_e$ |
| التيار الكهربائى | $\boldsymbol{I}$ |
| الحركية | $\mathscr{M}$ |
| كثافة التيار الحجمية | $\boldsymbol{J}$ |
| كثافة التيار الرباعى | $\mathbf{J}$ |

| | |
|---|---|
| كثافة التيار السطحية | $\alpha$ |
| ثابت أفوجادرو | $N_A$ |
| ثابت بولترمان | $k$ |
| الشحنة الإلكترونية | $e$ |
| ثابت بلانك | $h$ |
| ثابت بلانك مقسوماً على $2\pi$ | $\hbar$ |
| الجهد المتجهي | $\mathbf{A}$ |
| الجهد الرباعي | $\mathbf{A}$ |
| كثافة التدفق المغناطيسي | $B$ |
| شدة المجال المغناطيسي | $H$ |
| التدفق المغناطيسي | $\Phi$ |
| نفاذية الفراغ | $\mu_0$ |
| النفاذية النسبية | $\mu_r$ |
| النفاذية | $\mu = \mu_r \mu_o = B / H$ |
| عزم ثنائى القطب المغناطيسى في وحدة الحجوم | $\mathbf{M}$ |
| القابلية المغناطيسية | $\chi_m$ |
| عزم ثنائى القطب المغناطيسى | $m$ |
| المقاومة | $R$ |
| المفاعلة | $X$ |
| السعة | $C$ |
| الحث الذاتي | $L$ |
| الحث التبادلى | $M$ |
| الممانعة | $Z=R+jX$ |
| المقاومة النوعية | $\rho$ |
| التوصيلية | $\sigma$ |
| متجه بوينتنغ | $\mathscr{S}$ |

## رمـــوز رياضيـــة

| | |
|---|---|
| تساوي تقريبا | $\approx$ |
| يتناسب مع | $\propto$ |
| مضروب $n$ | $n!$ |
| دالة أسية في $x$ | $\exp x$ |

| | |
|---|---|
| $(-1)^{1/2}$ | $j$ |
| معكوس ظل $x$ | $\arctan x$ |
| المرافق المركب للعدد $z$ | $z^*$ |
| قيمة $E$ العظمى | $E_m$ |
| متوسط قيمة $x$ | $\langle x \rangle$ |
| عدد مركـــب | $z = x + j\,y$ |
| الجزء الحقيقى من $z$ | $\mathrm{Re}\, z$ |
| الجزء التخيلى من $z$ | $\mathrm{Im}\, z$ |
| مقياس $z$ | $\lvert z \rvert = (x^2+y^2)^{1/2}$ |
| قيمة $A$ المطلقة | $\lvert A \rvert$ |
| لوغاريتم $x$ العشري | $\log x$ |
| لوغاريتم $x$ الطبيعى | $\ln x$ |
| مقدار المتجه $F$ | $F$ |
| متجه | $\boldsymbol{E}$ |
| متجه رباعى | $\mathbf{E}$ |
| التدرج | $\nabla$ |
| التباعد | $\nabla.$ |
| اللف (الدوران) | $\nabla\times$ |
| العامل الرباعي | $\square$ |
| عامل لابلاس (لابلاسي) | $\nabla^2$ |
| متجهات الوحدة في الإحداثيات الكارتيزية | $\hat{x},\hat{y},\hat{z}$ |
| متجهات الوحدة في الإحداثيات الأسطوانية | $\hat{\rho},\hat{\phi},\hat{z}$ |
| متجه وحدة على طول $r$ | $\hat{r}$ |
| متجهات الوحدة في الإحداثيات الكروية | $\hat{r},\hat{\theta},\hat{\phi}$ |
| نقطة المجال | $(x, y, z)$ |
| نقطة المصدر | $(x', y', z')$ |